

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЛАЗМОТРОНОВ ДЛЯ РЕЗКИ МЕТАЛЛОВ КВАЛИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Ключевые слова: плазмотрон, проектирование, сварной шов, зона термического влияния, ударная вязкость, статический изгиб, качество, эффективность.

Современные отечественные плазмотроны для резки металлов по большинству ключевых показателей уступают продукции ведущих зарубежных изготовителей. Для преодоления упомянутого отставания авторы работы провели исследования по систематизации существующих на данный момент принципов проектирования плазмотронов для резки металлов [1]. По результатам данных исследований были сформулированы методы проектирования, улучшающие параметры работы плазморезательного оборудования, и разработаны новые плазмотроны (ПМВР-2М, ПМВР-3, ПМВР-5) с более эффективными показателями по производительности, качеству и безопасности резки [2]. Для анализа эффективности работы плазмотронов взят предложенный авторами исследования [1] технологический регламент испытания параметров качества и безопасности технологии плазменно-дуговой резки металлов, включающий в себя технологические испытания плазмотронов, экспериментальные исследования качества разделительной резки (включая дополнительные исследования сварных швов, полученных после плазменной резки) и факторов безопасности в рабочей зоне плазменной резки.

На *первой* стадии исследований производился отбор плазмотронов по типам, вольтамперным характеристикам, заявленным скоростям резки и толщинам разрезаемых металлов в соответствии с заводской номенклатурой и требованиями технологии, а также определение оптимальных и предельных параметров процесса. В качестве основных параметров сравнения на этой стадии следует выбрать производительность (скорость резки) и энергоэффективность (потребляемую мощность).

На *второй* стадии, после пробоподготовки, изготовления образцов и подготовки поверхности (удаления окалины, химической очистки и т. д.), определяются:

- параметры качества резки металлов (перпендикулярность и шероховатость поверхности кромки реза, отклонения размеров от номинальных (точность реза);
- твердость поверхности кромки реза в верхнем, среднем и нижнем слое (*HB*, *HR*, *HV*), толщина слоя окалины, глубина зоны термического влияния (ЗТВ) и т. д.);
- характеристики сварных швов, полученных после плазменной резки под сварку (микротвердость структурных составляющих металла шва, ЗТВ (*HV*), ударная вязкость металла шва и ЗТВ при разных температурах (*KCV*), растяжение металла шва и ЗТВ при разных температурах, статический изгиб и т. д).

На *третьей* стадии испытаний основное внимание уделяется исследованию параметров безопасности плазменной резки (уровень звука, уровень звуковой мощности, спектральные характеристики шума в звуковой и ультразвуковой области излучения, диаграмма направленности; электромагнитное излучение (напряженность ЭМ поля, индукция магнитного поля, плотности потока энергии, яркость, освещенность), температурный режим, пылегазовыделение). Все испытания должны происходить при одинаковых условиях (резке металлов одинакового сортамента, толщины и т. д.).

Для сравнения были выбраны следующие плазмотроны:

- ПМВР-М, базовый однопоточный плазмотрон (ООО НПО «Полигон», разработка начала 2000-х гг.);
- KjellbergPB-S-45W, однопоточный плазмотрон одного из ведущих мировых производителей (Германия);
- ПМВР-2М, новый однопоточный плазмотрон для воздушно-плазменной резки с оптимизированной системой газовыхревой стабилизации (ООО НПО «Полигон» и ООО «ТЕРУС»);
- ПМВР-5.3, одна из модификаций отечественной модели узкоструйного двухпоточного плазмотрона (ООО НПО «Полигон» и ООО «ТЕРУС») [3].

Интегральная оценка полученных результатов проведена с использованием методов квалитетрического анализа, адаптированных к технологии плазменной резки [1]. Интегральные коэффициенты эффективности работы плазмотронов для резки металлов:

- 1) ПМВР-М – 2,14;
- 2) Kjellberg S-45 – 3,75;
- 3) ПМВР-2М – 3,43;

4) ПМВР-5.3 – 6,93.

Эти результаты свидетельствуют об эффективности работы новых плазмотронов. Новый плазмотрон ПМВР-2М по сравнению с базовым аналогом – плазмотроном ПМВР-М – показал фактически двукратное улучшение как по величине интегрального коэффициента эффективности, так и по качеству резки, безопасности и энергоэффективности. При этом суммарные показатели его эффективности оказались сопоставимы с показателями одной из самых популярных импортных моделей однопоточных плазмотронов, Kjellberg S-45, что свидетельствует о тех преимуществах, которые дает использование в его конструкции новой системы газовыхревой стабилизации. Ещё более эффективным (фактически в два раза по сравнению с ПМВР-2М и Kjellberg S-45) показал себя и новый плазмотрон ПМВР-5.3, работающий по технологии узкоструйной плазмы с двухпоточной схемой газовой стабилизации. Особенно велики его преимущества по производительности, энергоэффективности, качеству реза и безопасности. Следует заметить, что показатели качества сварных швов, полученных после плазменной резки, оказались сопоставимыми для разных плазмотронов, что, очевидно, связано с меньшей зависимостью параметров сварного соединения от качества подготовленных под сварку разделочных швов, полученных резкой современными плазмотронами.

Подводя итог обсуждению полученных результатов, следует сказать, что представленный метод позволяет получить объективную комплексную оценку относительной эффективности плазмотрона по отношению к другим устройствам подобного типа. Разумеется, есть определенная субъективность при выборе весовых коэффициентов и определении перечня учитываемых параметров, которая, на наш взгляд, нивелируется при условии высокого профессионализма специалиста, проводящего анализ. Отметим также, что в случае выбора конкретной конструкции потребителем, а не проектировщиком, во внимание обычно принимается не сам показатель эффективности (качества), а соотношение цена – качество. Во всяком случае, применение квалиметрического метода оценки эффективности работы плазмотронов для резки позволяет объективно оценить их потребительские свойства и по этому критерию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анахов С. В. Принципы и методы проектирования в электроплазменных и сварочных технологиях : учебное пособие. Екатеринбург : Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2014. 144 с.
2. Анахов С. В., Пыкин Ю. А. Плазмотроны: проблема акустической безопасности. Теплофизические и газодинамические принципы проектирования маломощных плазмотронов. Екатеринбург : РИО УрО РАН, 2012. 224 с.
3. Anakhov S.V. Narrow Jet Plasma as the Energy Efficient and Safe Technology for Metal Cutting / S.V. Anakhov, Yu. A. Pykin, A. V. Matushkin // Solid State Phenomena (Material Science Forum). 2016. Vol. 870. P. 523–527.